

Neues aus der Forschung

# Wohin führt der Weg, Warme Kante?

Die Warme Kante hat in den vergangenen Jahren zunächst gemächlich, dann aber mit zunehmender Dynamik einen Marktanteil erobert, der im deutschsprachigen Raum mittlerweile die 50-Prozent-Marke überschritten haben dürfte. Zeit für eine Bestandsaufnahme.

## Warme-Kante-Systeme im Überblick

Tabelle 1 zeigt die Klassifizierung der Warme-Kante-Systeme mit dem BF-Datenblatt „ $\psi$ -Werte Fenster“. Aufgeführt sind auch die jeweiligen Hersteller mit ihren Produkten.

Art der Verarbeitung	Aufbau	Beschreibung	Hersteller	BF-Datenblatt verfügbar für Produktname
Profilstangen, die zu Rahmen gebogen und auf die Scheibe aufgesetzt werden	rein metallisches Hohlkammerprofil	Edelstahl-Abstandhalter mit unterschiedlichen Wandstärken und Geometrien	Allmetal	GTS
			Arnold	WEP classic WEP premium
			Lingemann	Nirotec 015 Nirotec 017
			Rolltech	Chromatech Chromatech Plus
	Hohlkammerprofile aus Kunststoff mit metallischer Diffusionsperre	koextrudierte oder nachträglich verbundene Kombinationsprofile aus diversen Kunststoffen mit Aluminium- oder Edelstahlbeplankung	Ensinger	Thermix TX.N Abstandhalter
			Lingemann	Nirotec EVO
			Rolltech	Chromatech Ultra
			Technoform Glass Insulation	TGI-Spacer
direktes Applizieren eines Abstandhalter-Materials auf die Scheibe	Schaumprofil von der Rolle oder Abstandhalter-Material aus dem Fass	Silikonschaum inkl. Trockenmittel mit Verbundfolie als Diffusionssperre	Edgetech	Super Spacer TriSeal
		organisches thermoplastisches Material (Polyisobutylen) inkl. Trockenmittel	Kömmerling Chemie	TPS

Quelle: Quel; Tabelle: GFF

des BF legt großen Wert auf eine praxisrelevante, vollständige Bewertung. Ein Datenblatt wird nur dann erstellt, wenn sich der Randverbund auch als funktionsfähig in der Praxis erwiesen hat. Der Hersteller muss bestandene Langzeitprüfungen gemäß DIN EN 1279 Teil 2 (Feuchtigkeitsaufnahme) und Teil 3 (Gasverlustrate) vorlegen und die Randbedingungen für die Berechnung der repräsentativen  $\psi$ -Werte müssen mit denjenigen der Langzeitprüfungen übereinstimmen. Das ist insbesondere bezüglich der Höhe der Rückenüberdeckung mit Sekundärdichtstoff bedeutsam, die Einfluss auf die  $\psi$ -Werte hat. Mehr Dichtstoff auf dem Abstandhalterücken vergrößert die Brücke für Wärmeverluste am Glasrand. Da der Arbeitskreis des BF derzeit an einem Forschungsvorhaben arbeitet, empfiehlt sich die regelmäßige Prüfung der verwendeten Datenblätter auf Aktualität.

Die ift-Richtlinie WA-08/1 „Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter Teil 1, Ermittlung des repräsentativen  $\psi$ -Werts für Fensterrahmenprofile“ des ift Rosenheim vom Juni 2008 gibt den zulässigen Anwendungsbereich für die repräsentativen  $\psi$ -Werte für Fenster detailliert vor.

## Die richtigen $\psi$ -Werte für Fenster und Fassaden

Viele Wege führen zur Bestimmung der linearen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi$  an den Übergangsstellen vom Glas zum Rahmen bei Fenstern bzw. vom Glas oder Paneel zu Pfosten/Riegel bei Fassaden. Grundsätzlich funktionieren Normen so, dass vereinfachte Verfahren mit Sicherheitszuschlägen versehen sind und dass ein aufwändigerer, detaillierterer Nachweis mit besseren Werten „belohnt“ wird. So ist das auch beim  $\psi$ -Wert für Fenster: Im vereinfachten Verfahren kann man die  $\psi$ -Werte für Fenster aus den Tabellen E.1 und E.2 im Anhang E der DIN EN ISO

### GFF-Experten

Autorin: Ingrid Quel, Beratungsbüro für Warme Kante und Glas

Inzwischen bieten im europäischen Markt mehr als 15 Unternehmen insgesamt mehr als 20 verschiedene Systeme für die Warme Kante. Das ist eine Vielfalt, die nur schwer zu überblicken ist. Außer wärmetechnischen Kennwerten sind für einen Isolierglashersteller insbesondere die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit des Systems, seine gute Verarbeitbarkeit sowie eine hohe Produktivität wichtig. Die Kun-

den des Isolierglasherstellers hingegen wollen mit der Warmen Kante ihre Fenster- und Fassaden-U-Werte verbessern, und das so kostengünstig wie möglich.

Eine gute Orientierungshilfe in Sachen Warme-Kante-Systeme bieten die Datenblätter mit repräsentativen  $\psi$  ( $\psi$ -Werten) für Fenster, die der Arbeitskreis Warme Kante des Bundesverbands Flachglas (BF) herausgibt. Diese Datenblätter haben im Markt inzwischen so guten Anklang gefunden, dass sie sogar für Fassadensysteme angewandt werden, für die sie aber gar nicht gelten. Der Arbeitskreis

## Ψ-Werte für Fenster und Fassaden

Tabelle 2 zeigt einen Vergleich der Größenordnungen von Ψ-Werten. Im direkten Vergleich stehen die Werte für verschiedene Rahmenwerkstoffe bei Fenstern und Vorhangfassaden.

FENSTER			VORHANGFASSADEN			
DIN EN ISO 10077-1:2010-05 Anhang E, Werte aus Tabelle E.1 und E.2			BF-Datenblätter (s. Tabelle 1)	DIN EN 13947:2007-07 Anhang B, Werte aus Tabelle B.1 und B.2		
	Fenster-Ψ-Wert $\Psi_g$ in W/(m·K)		$\Psi_g$ in W/(m·K)		Fassaden-Ψ-Werte $\Psi_{mg}$ und $\Psi_{tg}$ in W/(m·K)	
Rahmenwerkstoff	typische Abstandhalter aus Aluminium und Stahl	wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter	Größenordnung von ... bis	Art von Pfosten/Riegel	typische Abstandhalter aus Aluminium und Stahl	wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter
Holz oder PVC	0,08	0,06	0,03 bis 0,06	Holz-Aluminium	0,11	0,08
Metallrahmen mit wärmetechnischer Trennung	0,11	0,08	0,04 bis 0,07	Metall mit wärmetechnischer Trennung $d_i \leq 100$ mm	0,17	0,11

Auszug aus den Normen DIN EN ISO 10077-1:2010-05 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Teil 1: Allgemeines, Anhang E, Tabellen E.1/E.2 sowie DIN EN 13947:2007-07 Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, Anhang B, Tabellen B.1/B.2; Werteangaben für Zwei- oder Dreifachverglasung mit niedrigem Emissionsgrad (eine beschichtete Scheibe bei Zweifach-Iso, zwei beschichtete Scheiben bei Dreifach-Iso), mit Luft- oder Gasfüllung im Scheibenzwischenraum.

Quelle: Quel; Tabelle: GFF

10077-1 ablesen. Im Anhang E findet sich übrigens auch eine pragmatische Definition für „wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter“. Diese Tabellen-Ψ-Werte sind vergleichsweise ungünstig (hoch) und für alle wärmetechnisch verbesserten Abstandhalter dieselben. Alternativ ist eine detaillierte Berechnung von  $\psi$  nach dem numerischen Verfahren der DIN EN ISO 10077-2 für jeden Einzelfall möglich. Das erfordert eine aufwändige Modellierung, die insbesondere im Randverbundbereich wegen sehr dünner Materialschichten mancher Abstandhalter ihre Tücken hat. Empfehlenswert ist dieser zweite Weg aber für alle Systeme mit hohem Glaseinstand, weil das zur Reduzierung des Wärmebrückeneffekts beiträgt und zu niedrigeren Ψ-Werten führt. Sofern die Randbedingungen der ift-Richtlinie WA 08/1 erfüllt sind, bieten die BF-Datenblätter zur Ermittlung von Fenster-Ψ-Werten zwei Alternativen zur oben dargestellten Vorgehensweise:

- Verwendung des BF-Datenblatts für das eingesetzte Warme-Kante-System, mit repräsentativen Ψ-Werten für das Zweifach- bzw. Dreifachisoliertes Glas in Abhängigkeit von der Fensterart
- detaillierte Berechnung von  $\psi$  mithilfe

des Two-Box-Modells unter Verwendung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{eq,2B}$  sowie der Bauhöhe der Abstandhalterbox gemäß Datenblatt des BF

Variante a) ist genauer als die vereinfachte Methode der Norm, da sowohl bei den Rahmenmaterialien als auch innerhalb der Warme-Kante-Systeme mehr Differenzierung stattfindet. Sie führt zu besseren Werten als die Tabelle E.2 im Anhang E der Norm (siehe Tabelle 2). Variante b) bietet insbesondere für Vielrechner, z.B. im Rahmen von Entwicklungsarbeit, eine enorme Vereinfachung bei der Modellierung. Der äquivalente  $\lambda_{eq,2B}$ -Wert wird derart ermittelt, dass eine rechteckige Box in Originalbauhöhe des Abstandhalters mit dieser Wärmeleitfähigkeit belegt zu denselben Wärmestromverlusten und damit Psi-Werten führt wie eine detailgetreue Modellierung des Abstandhalters mit allen Bestandteilen. Wie das Two-Box-Modell genau funktioniert, ist ebenfalls in der oben genannten ift-Richtlinie dargestellt.

Vorausgesetzt die Verwendung ist zulässig, sind die Werte der BF-Datenblätter auf jeden Fall günstiger als das vereinfachte Verfahren der Norm. Aller-

## Effekt des Psi-Werts auf den $U_w$ -Wert

Tabelle 3 zeigt die Größenordnung des Psi-Werte-Effekts auf den  $U_w$ -Wert von Fenstern. Je kleiner der geforderte U-Wert des Fensters ist, desto größer ist die Bedeutung der Warmen Kante.

Unterschied im $\Psi$ -Wert $\Delta \Psi_g$ in $W/(m \cdot K)$	Unterschied im $U_w$ -Wert $\Delta U_w$ in $W/(m^2 \cdot K)$ ca.	Bewertung
0,04	ca. 0,1	signifikant, entspricht etwa dem Unterschied zwischen kalter und warmer Kante
0,01	ca. 0,025	kann zu Rundungsvorteilen führen
0,004	ca. 0,01	nicht signifikant, führt in sehr seltenen Fällen zu Rundungsvorteilen
0,001	ca. 0,0025	nicht signifikant

Quelle: Quel; Tabelle: GFF

dings sollte sich im gelieferten Fenster das Abstandhaltersystem, dessen BF-Datenblatt verwendet wurde, auch tatsächlich wiederfinden.

### Werte für Fassaden schwieriger

Die Ermittlung von Fassaden- $\Psi$ -Werten ist deutlich komplexer. Die relevante Norm DIN EN 13947:2007-07 beschreibt zwei Verfahren zur Ermittlung von  $U_{cw}$ . Beim ersten, dem vereinfachten Beurteilungsverfahren, werden sämtliche Wärmebrückeneinflüsse zwischen den Füllungen entweder zu einem flächenbezogenen Fugen-U-Wert  $U_{TJ}$  oder einem längenbezogenen Fugen-Psi-Wert  $\Psi_{TJ}$  zusammengefasst. Beim zweiten Verfahren werden ähnlich wie beim Fenster die einzelnen Komponenten (Verglasung, Paneel, Rahmen, Pfosten/Riegel) beurteilt und die U-Werte der Flächenanteile sowie die  $\Psi$ -Werte der Übergangsstellen berechnet. Insgesamt sind für dieses Verfahren sechs verschiedene längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi$  beschrieben, für die sich im Anhang B der Norm in den Tabellen B.1 bis B.7 Werte finden. Auch diese  $\Psi$ -Werte können analog zum Fenster für den Einzelfall detailliert berechnet werden. Tabelle 2 zeigt, dass die linearen Wärmedurchgangskoeffizienten für Vorhangfassaden in einer ganz anderen Größenordnung liegen als beim Fenster. Auch hier gilt, dass der detaillierte Nachweis bessere Werte bringt. Leider gibt es keine BF-Datenblätter „ $\Psi$ -Wert Fassade“ für die einzelnen Randverbundsysteme. Die Schwierigkeit liegt hier in der Findung repräsentativer, allgemeingültiger Fassadensysteme, in denen die repräsentativen  $\Psi$ -Werte gerechnet werden könnten. Die Datenblätter mit reprä-

sentativen  $\Psi$ -Werten für Fenster dürfen für die Ermittlung des  $U_{cw}$  bei Pfosten-Riegel-Vorhangfassaden jedenfalls nicht verwendet werden.

Um die branchenüblichen olympischen Wettkämpfe nicht zu schüren, soll an dieser Stelle der Unterschied innerhalb der Warme-Kante-Systeme noch etwas relativiert werden. Auf den BF-Datenblättern ist im Kleingedruckten richtigerweise vermerkt: „Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von  $\pm 0,003 W/mK$ . Unterschiede von weniger als  $0,005 W/mK$  sind nicht signifikant“. Ein Psi-Wert-Unterschied von einem Tausendstel macht mit Sicherheit kein besseres Fenster. Bei dem Unterschied von vier Tausendstel mag sich gelegentlich für den  $U_w$ -Wert noch ein Rundungsvorteil ergeben. Tabelle 3 soll einen Eindruck der möglichen  $U_w$ -Wert-Verbesserungen vermitteln.

Die Reduzierung des  $U_w$ -Werts durch die Warme Kante um ein Zehntel bedeutet bei einem Fenster mit einem  $U_w$ -Wert von  $2,0 W/(m^2K)$  eine relative Verbesserung von fünf Prozent. Bei den heute oft schon üblichen  $U_w$ -Werten in der Gegend von  $1,0 W/(m^2K)$  beträgt die relative Verbesserung aber schon zehn Prozent. Das macht deutlich, dass die Warme Kante umso wichtiger wird, je niedriger die geforderten Fensterwerte sind. Ein Einsparpotenzial von zehn Prozent zu verschenken, kann in Anbetracht des Kosten-Nutzen-Verhältnisses der Warmen Kante nur als unwirtschaftlich bezeichnet werden. Die Tendenz ist klar und nicht mehr aufzuhalten: Dreifachglas mit Warmer Kante wird über kurz oder lang zum Standard werden. Wenn die steigenden EnEV-Anforderungen immer bessere Fensterwerte

erforderlich machen und der Markt keine Lösungen bietet, bleibt den Planern nur die Möglichkeit, die Fensterflächenanteile zu verringern. Aber wer will das schon? Die Warme Kante liefert zu besseren U-Werten von Fenstern und Fassaden einen wichtigen, ja unverzichtbaren Beitrag.

### Sind noch bessere Psi-Werte möglich?

Der lineare Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi_g$  wird an erster Stelle durch die Materialien des Abstandhalters und deren Wärmeleitfähigkeit sowie durch die Geometrie (Wandstärken, Bauhöhe, Form) beeinflusst. An zweiter Stelle steht der Einfluss der Glaseinstandstiefe im Rahmen. Die Höhe des  $\Psi_g$ -Werts wird jedoch bei gleichem  $U_g$  und  $U_f$  auch von den angrenzenden Materialien des Fensters mit ihrer jeweiligen Wärmeleitfähigkeit und Anordnung beeinflusst. Somit gibt es also einige Stellschrauben.

Was die Abstandhalter selbst angeht, so führt ein Blick auf die äquivalenten Wärmeleitfähigkeiten des Two-Box-Modells der BF-Datenblätter rasch zu Ernüchterung. Denn schon jetzt liegen diese  $\lambda_{eq,2B}$ -Werte für Warme-Kante-Profile in einer Größenordnung von  $0,8$  bis  $0,2 W/(mK)$ , bei Bauhöhen der Box zwei von sechs bis  $7,3$  Millimeter. Achtung: Erst die Bauhöhe, also die Breite der Brücke, bestimmt die tatsächliche Höhe der Wärmeverluste. Die  $\lambda_{eq,2B}$ -Werte sind deshalb für einen Produktvergleich nicht geeignet. Vergleicht man das mit dem Sekundärdichtstoff mit drei Millimeter Bauhöhe und einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,4 W/(mK)$ , sieht man rasch, dass bei einem guten Warme-Kante-Randverbund der Abstandhalter und der Sekundärdichtstoff bereits jeweils zur Hälfte zum Wärmeverlust beitragen. Eine weitere Verbesserung alleine im Bereich des Abstandhalters wäre also nur begrenzt zielführend.

Bei diesen Überlegungen darf man weder die eigentliche Aufgabe des Isolierglas-Randverbunds, nämlich die dauerhafte Abdichtung des Scheibenzwischenraums gegen eindringende Feuchtigkeit bzw. den Gasverlust, noch den Aspekt der Wirtschaftlichkeit aus den Augen verlieren. Für die weitere wärmetechnische Optimierung des Übergangs vom Glas zum Rahmen sei daher anstelle der einseitigen Forderung nach immer leistungsfähigeren Randverbundsystemen die umfassendere Betrachtung des Übergangsbereichs – so zu sagen über den Glasrand hinaus – empfohlen.